

JAPANESE PATENT LAID-OPEN GAZETTE

Laid-open Patent Application No. 61-91662

Laid-open Date: May 9, 1986

Title of the Invention: PROJECTION EXPOSURE APPARATUS

Application No. 59-211269

Application Date: October 11, 1984

Inventor(s): TOSHIYUKI HORIUCHI, MASANORI SUZUKI and MASATO
SHIBUYA

Applicant: NIPPON DENSHIN DENWA K.K.

Applicant: NIPPON KOGAKU K.K.

in 09/320,472

⑩ 日本国特許庁(J P)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭61-91662

⑬ Int.Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和61年(1986)5月9日

G 03 F 7/20
G 02 B 27/18
H 01 L 21/30

7124-2H
7529-2H
6603-5F

審査請求 未請求 発明の数 2 (全6頁)

⑮ 発明の名称 投影露光装置

⑯ 特 願 昭59-211269

⑰ 出 願 昭59(1984)10月11日

⑱ 発 明 者	堀 内	敏 行	厚木市小野1839番地 日本電信電話公社厚木電気通信研究所内
⑲ 発 明 者	鈴 木	雅 則	厚木市小野1839番地 日本電信電話公社厚木電気通信研究所内
⑳ 発 明 者	渋谷	真 人	東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 日本光学工業株式会社内
㉑ 出 願 人	日本電信電話株式会社		東京都千代田区内幸町1丁目1番6号
㉒ 出 願 人	日本光学工業株式会社		東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
㉓ 代 理 人	弁理士 山川 政樹		外1名

明 細 書

1. 発明の名称

投影露光装置

2. 特許請求の範囲

(1) レチクル上のパターンを投影光学系を介してウエハ上に投影露光する投影露光装置において、前記レチクルを照明する2次光源の射出面内強度分布を周辺部強度が中央部強度より大とせしめる特殊絞りを有することを特徴とする投影露光装置。

(2) 特殊絞りは、2次光源面の直後に装着可能であり、開口形状、透過率分布を周辺部の光強度が中央部の光強度より大となるようにしたことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の投影露光装置。

(3) レチクル上のパターンを投影光学系を介してウエハ上に投影露光する投影露光装置において、前記レチクルを照明する2次光源の射出面内強度分布を周辺部強度が中央部強度より大とせしめる特殊絞りとは2次光源の射出面内強度分布に影響を与

する投影露光装置。

(4) 特殊絞りと均一絞りととは、2次光源面の直後に装着可能であることを特徴とする特許請求の範囲第3項記載の投影露光装置。

(5) 2次光源は、その前面に、2次光源を形成するための均一化光学系に入射する光束の光強度分布を2次光源面の直後に入れる絞りの開口形状、透過率分布に類似させることを可能にする円錐レンズを有することを特徴とする特許請求の範囲第4項記載の投影露光装置。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、半導体集積回路等の製造に要する微細レジストパターンを形成する投影露光装置に関するものである。

(従来の技術)

第5図に従来の投影露光装置を示す。第5図において、1はランプ、2は楕円反射鏡、3は楕円反射鏡2の第2焦点、4はインプットレンズ、5

BEST AVAILABLE COPY

レンズ、7はコリメーションレンズ、8はレチクル、9は均一絞りとしての開口絞り、10はフィルタ、11、12はコールドミラー、13はランプハウス、14はレンズまたはミラーあるいはその組み合わせによりレチクル8上のパターンの像をウエハ上に投影する投影光学系、15はウエハ、16は開口絞りである。

従来、この種の投影露光装置の多くは光源のランプ1として水銀灯を使用し、g線436nm、h線405nm、i線365nm等の輝線またはこれらの波長近辺の連続スペクトルを取り出して用いている。このため光源のランプ1は高い輝度が必要であるとともに集光効率や照射均一性を考えると点光源に近い方がよい。しかし、実際にはそのような理想的な光源は存在しないため、有限の大きさでしかも強度に分布を持つランプ1を使用せざるを得ず、そのようなランプ1から発せられる光をいかに高効率で、かつ、照射均一性の良い光に変換するかが課題となる。

第5図に示した装置は従来の代表的な集光方法

照射強度がほぼ均一となる。当然のことながらオブチカルインテグレート5に入射する光の強度分布が均一に近ければ、出射光を重量させたレチクル8の照度分布はより均一になる。オブチカルインテグレート5の出射側には開口絞り9がおかれ、オブチカルインテグレート5の出射側寸法を決めている。

ランプ1として水銀灯を用いて楕円反射鏡2で集光する場合、水銀灯の構造が第2図に示すように縦長であり両端が電極となっているため、ランプ1の軸方向の光線を取り出すことができない。そのため、第5図に示すように、インプットレンズ4として凸レンズを使用したのみではオブチカルインテグレート5の中心部に入る光の強度分布が落ちる場合がある。そこで、インプットレンズ4とオブチカルインテグレート5との間に両凸又は片凸片凹の円錐レンズを挿入し、オブチカルインテグレート5に入る光の強度分布をより一様にする場合もある。

フィルタ10は、光学系が収差補正されている

を用いた構成の装置であり、楕円反射鏡2の第1焦点にランプ1を置き、楕円反射鏡2の第2焦点3付近に一旦光束を集める。そして、第2焦点3とほぼ焦点位置を共有するインプットレンズ4により光束をほぼ平行光束に直し、オブチカルインテグレート5に入れる。オブチカルインテグレート5は多数の棒状レンズを束ねたもので、はえの目レンズとも称される。このオブチカルインテグレート5を通すことが照射均一性を高める主因となっており、インプットレンズ4はオブチカルインテグレート5を通る光線のケラれを少なくして集光効率を高める役目をなす。このオブチカルインテグレート5を出た光は、アウトプットレンズ6およびコリメーションレンズ7によって、オブチカルインテグレート5の各小レンズから出た光束がレチクル8上に重畳して当たるよう集光せられる。オブチカルインテグレート5に入射せらるる光線は場所による強度分布を有するが、オブチカルインテグレート5の各小レンズから出る光がほぼ等しく重畳せらるる結果、レチクル8上では

波長の光だけを通すためのものであり、コールドミラー11、12は光路を曲げて装置の高さを低くするとともに、長波長光熱線を透過させてランプハウス13の冷却可能部分に吸収させる役目を担う。レチクル8を照射した光は投影光学系14を通り、レチクル8上の微細パターンの像がウエハ15上のレジストに投影露光転写される。投影光学系14の中には開口数を決定する絞り16が存在する。

従来の投影露光装置の構成は第5図に示した以外にも多数あるが、模式的には第6図のごとく、光源17、第1集光光学系18、均一化光学系19、第2集光光学系20、レチクル8、投影光学系14、ウエハ15の順に配列されている。

第1集光光学系18は第5図の例で楕円反射鏡2およびインプットレンズ4に相当する部分であり、楕円鏡のほか球面鏡、平面鏡、レンズ等を適当に配置し、光源から出る光束をできるだけ効率よく均一化光学系19に入れる役目を持つ。また、均一化光学系19は第2図のオブチカルインテグ

レータ5に相当する部分であり、その他として光ファイバや多面体プリズム等が使用されることもある。

第2集光光学系20は第5図のアウトプットレンズ6およびコリメーションレンズ7とに相当する部分であり、均一化光学系19の出射光を重畳させ、また、像面テレセントリック性を確保する。この他、光束が光軸平行に近い個所に第5図のフィルタ10に相当するフィルタが挿入され、また、コールドミラー11、12に相当する反射鏡も、場所は一義的でないが、挿入される。

このように構成された装置においてレチクル8から光が来る側を見た場合、光の性質は、第2集光光学系20を通して均一化光学系19から出てくる光の性質となり、均一化光学系19の出射側が見掛け上の光源に見える。このため、上記のような構成の場合、一般に均一化光学系19の出射側24を2次光源と称している。

レチクル8がウエハ15上に投影せらるる時、投影露光パターンの形成特性、すなわち、解像度

源面を見た時の張る角をレチクル8に入射する光の範囲としてとらえ半角を ϕ とし照明光のコヒーレンシ σ を $\sigma = \sin \phi / \sin \theta_a$ で定義した場合、パターン形成特性はNAと σ で決定せらるるものと従来考えていた。次にNAおよび σ とパターン形成特性との関連について詳細に説明する。NAが大きい程解像度は上がるが、焦点深度が浅くなり、また、投影光学系14の収差のため広露光領域の確保が難しくなる。ある程度の露光領域と焦点深度(例えば10mm角、 $\pm 1\mu\text{m}$)がないと実際のLSI製造等の用途に使えないため、従来の装置ではNA=0.35程度が限界となっている。一方、 σ 値は主としてパターン断面形状、焦点深度に関係し、断面形状と相関を持って解像度に関与する。 σ 値が小さくなるとパターンの淵が強調されるため、断面形状は側壁が垂直に近い良好なパターン形状となるが、細かいパターンでの解像性が悪くなり解像し得る焦点範囲が狭くなる。逆に σ 値が大きいと細かいパターンで

や焦点深度等は、投影光学系14の開口数およびレチクル8を照射する光の性状、すなわち、2次光源24の性状によって決まる。第7図は第6図に示した投影露光装置におけるレチクル照明光線、結像光線に関する説明図である。

第7図において、投影光学系14は通常内部に開口絞り16を有しており、レチクル8を通った光が通過し得る角度 θ_a を規制するとともにウエハ15上に落射する光線の角度 θ を決めている。

一般に投影光学系の開口数NAと称しているのは、 $NA = \sin \theta$ で定義される角度であり、投影倍率を $1/m$ とすると、 $\sin \theta_a = \sin \theta / m$ の関係にある。またこの種の装置においては、「像面テレセントリック」、すなわち、像面に落ちる主光線が像面に垂直に構成されるのが普通であり、この「像面テレセントリック」の条件を満たすため、第6図の均一化光学系19の出射面、すなわち、2次光源24の光源面の実像が開口絞り16の位置に結像せらるる。このような条件下でレチクル8から第2集光光学系を通して2次光

パターン断面の側壁傾斜がゆるく、厚いレジストの場合、断面形状は台形ないし三角形となる。このため従来の投影露光装置では、比較的バランスのとれた σ 値として、 $\sigma = 0.5 \sim 0.7$ に固定設定されており、実験的に $\sigma = 0.3$ 等の条件が試みられているにすぎない。 σ 値を設定するには2次光源24の光源面の大きさを決めれば良いため、一般に2次光源24の光源面の直後に σ 値設定用の円形開口絞り9を置いている。

(発明が解決しようとする問題点)

このような従来の装置においては、レチクル8を照射する光の性質を制御するのがコヒーレンシ σ 値だけであるため、焦点深度、領域内均一性、線幅制御性等各種条件を満たしつつ微細パターンを形成しようとする、NAと σ とによって決まる限界があった。したがって、投影光学系14の開口数NAと2次光源24の大きさが決まると、パターン形成特性が自動的に決り、さらに解像性を高めることはできなかった。

本発明はこのような点に鑑みてなされたもので

あり、その目的とするところは、投影光学系の開口数とレチクル照射用2次光源の大きさを固定した後のパターン解像性能をさらに向上させる投影露光装置を提供することにある。

〔問題点を解決するための手段〕

このような目的を達成するために本発明は、従来装置が用いていた2次光源の大きさを決める円形絞りの代わりに円輪状透過部を有する形状等中央部に対して周辺部の透過率が高くなるようにした特殊絞りを装着可能としたものである。

〔作用〕

本発明においては、レジストが薄い場合、解像度向上のために2次光源の中心部の光を用いず2次光源の周辺部の光のみによって露光する。

〔実施例〕

本発明に係わる投影露光装置に適用される特殊絞りとしての2次光源制御用絞りの各実施例を第1図～第4図に示す。

第1図に示す絞りは円輪状に通過域を有する絞りであり、照射光の透過率が高い石英、フッ化カ

い。

開口絞り9の大きさを変えた場合、開口が小さい程、すなわち、 σ 値が小さい程得られるパターンの側壁は垂直に近くなる。一方、細かいパターンでの解像性を調べると、逆に、 σ 値が大きい程細かいパターン迄隣接したパターンどうしが分かれて転写される。かかる2つの傾向、すなわち、 σ 値が小さい程断面形状が良くなる一方、 σ 値が大きい程細かいパターン迄解像できるという傾向からレジストの種類、膜厚を決めると、使用に耐える範囲の断面形状で最も細かいパターン迄ぬける σ 値の適値が存在する。そして、多層レジスト等の使用を考え露光すべきレジスト層を薄くする場合には、パターンの断面形状の差異はさほど顕著にならず解像性のみが問題となるので、上記の σ 値の適値は σ が大きい方に移行する。

照明光とパターン解像性との間に上記のごとき関係があるから、薄いレジスト層の場合には、2次光源の外側迄使う程細かいパターン迄解像する。したがって、さらに一歩進めて、細かいパターン

ルシウム、フッ化リチウム等の基板にクロム等の遮光体を蒸着することによって作製することができる。また第2図(a)に示す絞りは透過率に分布を有する絞りである。この透過率の分布は、第2図(b)に示すように、周辺に近づく程透過率が高く中心に近づく低透過率あるいは完全遮光となる絞りである。この絞りは、第1図に示す絞り同様に、透過基板に遮光体を径方向に厚さ分布を持たせて付着させることにより作製することができる。なお第2図(b)に示す曲線は、円の周辺に近づく程透過率が高くなる曲線であれば何でもよい。第3図に示す絞りは周辺部のみに数個又はそれ以上の多数個の小開口を有する絞りであり、金属板等に穴をあけることにより作製できる。また、第4図に示す絞りは第1図に示した絞りに近いものを簡便に金属板等をくりぬいて作製するため、円輪開口部の一部につなぎの部分を入れたものである。

本発明の構成は、第5図または第6図に示した従来装置の構成と同じでよく、開口絞り9の代わりに第1図～第4図に示した絞りを装着すればよ

く、遮像するために必要な2次光源の周辺部の光だけを用いれば、一層の高解像度化がはかれる。

第1図～第4図に示した絞りをを用いた本発明に係わる投影露光装置では、2次光源の中心部の光を用いず2次光源の周辺部の光のみによって露光することができるので、レジストを薄くすれば、従来の装置ではとうてい得られなかった微細結晶のパターンを得ることができる。例えば、波長365nmの1線を用い、投影倍率1/10、投影光学系14の開口数0.35、レジストOFPR800、0.5 μ m厚でパターン形成を行なうと、従来の円形開口絞りで $\sigma=0.5$ とした装置条件では、線幅0.5 μ m、ピッチ1 μ mのラインアンドスペースまでしか解像し得ないが、第1図に示した円輪状開口絞りを使用した本発明の投影露光装置の一実施例によれば、線幅0.4 μ m、ピッチ0.8 μ mのラインアンドスペースまで解像し得ることが確認されている。円輪状開口絞りにおいてはできるだけ外側の光線だけを使うようにする程高解像性となるので、円輪開口絞りの外形、内径により効

果はおのおの異なってくるが、いずれの場合も単純な円形開口に比較すると高解像となる。また、第2図～第4図に示した絞りを用いてもそれぞれ透過光の分布に応じた効果を生じ、これら以外の形状でも外側で高透過性を有する形状ならば何でもよい。

さらに本発明によれば、解像性が上がるとともに焦点深度が深くなることが確認されている。例えば、上記レジストパターンの場合、 $0.4\mu\text{m}$ ラインアンドスペースで $\pm 0.5\mu\text{m}$ 以上、 $0.5\mu\text{m}$ ラインアンドスペースで $\pm 1\mu\text{m}$ 以上の焦点深度となる。従来は $0.5\mu\text{m}$ ラインアンドスペースでも $\pm 0.5\mu\text{m}$ 程度であり、かなりの改善がはかれる。

このような特殊絞りを装置に固定設置することも可能であるが、前述のようにレジスト膜厚が厚い場合には、2次光源の中心部付近を使用した方が有利になることもあるので、従来の円形開口絞り等の均一絞りと特殊絞りを交換可能としておけばより便利である。

中央部に対して周辺部の透過率が高くなるようにした特殊絞りを装着することにより、薄いレジスト層に従来より微細なパターンをより深い焦点深度で形成することができるので、半導体集積回路等の製造に適用すれば大幅な集積度向上がはかれる効果がある。また本発明はこのような特殊絞りと従来の均一絞りとを交換可能としたので、膜厚の薄いレジストにも対応できる効果がある。

4. 図面の簡単な説明

第1図～第4図は本発明に係わる投影露光装置に適用される特殊絞りとしての2次光源制御用絞りを示す平面図、第5図は従来の代表的な投影露光装置を示す構成図、第6図はその模式的構成図、第7図はそのレチクル照明光線、結像光線に関する説明図である。

1・・・ランプ、2・・・楕円反射鏡、3・・・第2焦点、4・・・インプットレンズ、5・・・オプティカルインテグレータ、6・・・アウトプットレンズ、7・・・コリメーシ

また、装置を第5図のごとく構成し、オプティカルインテグレータ5の前に円錐レンズを着脱可能とし、オプティカルインテグレータ5に入る光の分布を円錐レンズの着脱により周辺円輪状と中央集中型とに切換え可能とし、従来の円形絞り等の均一絞り使用時と特殊絞り使用時とで使い分けられるようにすれば、光線の使用効率を落とさずに使い分けができる。さらにインプットレンズ4を交換できるようにして焦点距離、設置位置を変え、オプティカルインテグレータ5に入る光束の大きさを変えられるようにしても集光効率を改善できる。第5図に基づき一般的に言う、特殊絞り使用時に特殊絞りの透過部分形状に類似した形状の光束に第1集光光学系18により集光し、この光束を均一化光学系19に入れるようにすれば、本発明はより有効である。

(発明の効果)

以上説明したように本発明は、従来装置が用いていた2次光源の大きさを決める円形絞り等の均一絞りの代わりに円輪状透過部を有する形状等中

・開口絞り、10・・・フィルタ、11、12・・・コールドミラー、13・・・ランプハウス、14・・・投影光学系、15・・・ウエハ、17・・・光源、18・・・第1集光光学系、19・・・均一化光学系、20・・・第2集光光学系、24・・・2次光源。

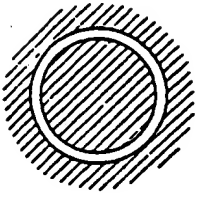
特許出願人
同上

日本電信電話公社
日本光学工業株式会社

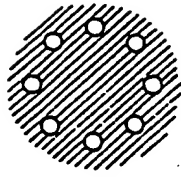
代理人

山 川 政 樹 (ほか1名)

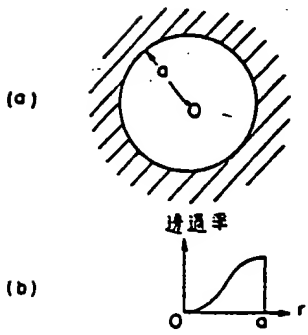
第1圖



第3圖



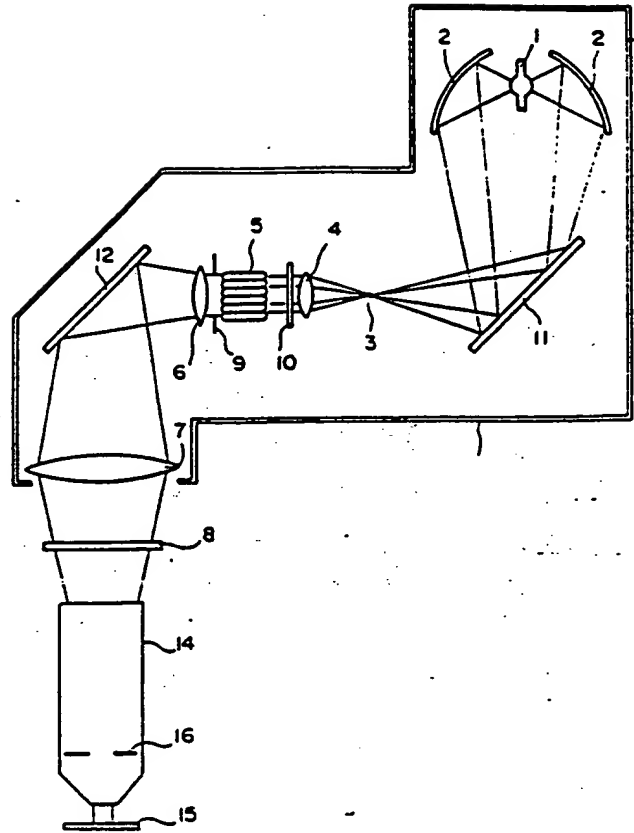
第2圖



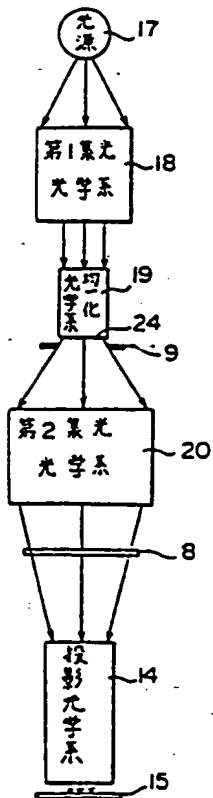
第4圖



第5圖



第6圖



第7圖

